

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年10月30日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-316303

[ ST.10/C ]:

[ JP 2002-316303 ]

出 願 人

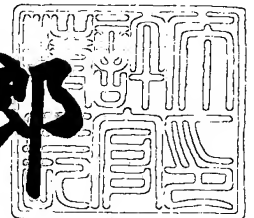
Applicant(s):

株式会社荏原製作所

2003年 6月27日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3051212

【書類名】 特許願

【整理番号】 022376

【提出日】 平成14年10月30日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01N 23/225

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所  
                                内

    【氏名】 中筋 護

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所  
                                内

    【氏名】 加藤 隆男

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所  
                                内

    【氏名】 佐竹 徹

【特許出願人】

    【識別番号】 000000239

    【氏名又は名称】 株式会社荏原製作所

【代理人】

    【識別番号】 100089705

    【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号 新大手町ビル 2  
                                0 6 区 ユアサハラ法律特許事務所

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 社本 一夫

    【電話番号】 03-3270-6641

【選任した代理人】

    【識別番号】 100091063

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 英夫

【選任した代理人】

【識別番号】 100096068

【弁理士】

【氏名又は名称】 大塚 住江

【選任した代理人】

【識別番号】 100107696

【弁理士】

【氏名又は名称】 西山 文俊

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 051806

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0201070

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電子線装置及び該装置を用いたデバイス製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 カソード及びアノードを有する複数の電子銃と、それぞれの  
前記電子銃毎に設けられた電子光学系とを備えた電子線装置であって、

それぞれの前記電子銃において前記カソードと前記アノードとの間の相対位置  
を変化させるための調整機構を具備することを特徴とする電子線装置。

【請求項 2】 前記調整機構が、

前記カソードを支持する絶縁碍子と、

前記絶縁碍子を支持し且つ電圧の印加に応じて伸縮する複数のピエゾ素子と、  
を備えることを特徴とする、請求項 1 記載の電子線装置。

【請求項 3】 前記カソードの近傍に、該カソードから放出された放射線を  
該カソードの先端近傍に反射させるための金属部品を設けたことを特徴とする、  
請求項 1 記載の電子線装置。

【請求項 4】 前記金属部品が、前記絶縁碍子にウェーネルト又はカソード  
からの蒸発物が付着するのを防止する金具を兼用することを特徴とする、請求項  
3 記載の電子線装置。

【請求項 5】 前記カソードが熱電子放出カソードであり、それぞれの前記  
電子銃がラングミュア制限より大きい輝度の電子線を放出することができること  
を特徴とする、請求項 1 ～ 4 のいずれか一つに記載の電子線装置。

【請求項 6】 請求項 1 ～ 5 のいずれか一つに記載の電子線装置を用いて半  
導体部品の検査を行うことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、最小線幅が 0.1  $\mu\text{m}$  以下のパターンを有する試料の評価を高スル  
ープットで行うための電子線装置、及び該電子線装置を用いて歩留まりよくデバ  
イスを製造する方法に関する。

【0002】

## 【従来の技術】

従来から、 $0.1\ \mu\text{m}$ 以下のパターンを有する試料の欠陥検査を行うには、ショットキー・カソードを用いた電子銃が使われてきた。例えば非特許文献 1 は、ショットキー電子源を用いてビア形成工程や配線工程のショート、オープン等の電氣的欠陥がウェハの下層で発生したときにも有効に欠陥検査を行うことができる SEMを開示している。

## 【0003】

また、複数の電子ビームを発生させて試料の欠陥検査を行う装置や方法も公知であり、例えば特許文献 1 は、複数の一次電子線でマスク、レチクルその他の試料の表面を同時に照射し、試料から放出された複数の二次電子を用いて試料の欠陥を検査する装置を開示している。さらに、複数の電子銃によって複数の電子ビームを形成し、これに対応する複数の光学系で複数の電子ビームを試料に導くことにより試料の欠陥検査を行う装置も既に発表されている。

## 【0004】

しかしながら、ショットキー・カソードを用いた電子銃はショット雑音が大きいという問題がある。これを解決して良好な S/N 比の信号を得るには、大きい照射量の電子線を試料に照射する必要があるが、これによって試料に損傷を生じさせる恐れがある。

## 【0005】

また、検査時間を短縮するために複数の電子銃を設けて複数の電子線を同時に形成する場合には、これら電子銃に熱電子放出カソードを用いると、電子銃での発熱量が大きくなり過ぎる危険性がある。システムの安定性が損なわれる程に電子銃の温度が上昇してしまうと、鏡筒の真空度の低下が問題になってくる。さらに、熱電子放出カソードが加熱されると、熱電子放出カソードとアノードとの間の相対位置が変化してしまうという問題もある。

## 【0006】

## 【非特許文献 1】

品田博之他「ウェハ検査用高速大電流 SEM 光学系」、LSI テスティングシンポジウム／2000 会議録（H12.11.9-10）、p. 151-156

【特許文献 1】

米国特許第 5 8 9 2 2 2 4 号明細書

【0 0 0 7】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は上記の課題に鑑みて提案されたものであり、本発明の目的は、温度上昇等によってカソードとアノードとの間の相対位置に変化が生じて、そうした相対位置を調整することができ、また、カソードが加熱されてもカソード以外の真空部品の発熱を抑えることができる電子線装置及び該電子線装置を用いたデバイス製造方法を提供することにある。

【0 0 0 8】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、請求項 1 の発明は、

カソード及びアノードを有する複数の電子銃と、それぞれの前記電子銃毎に設けられた電子光学系とを備えた電子線装置であって、

それぞれの前記電子銃において前記カソードと前記アノードとの間の相対位置を変化させるための調整機構を具備することを特徴とする電子線装置、を提供する。

【0 0 0 9】

請求項 2 の発明は、前記調整機構が、

前記カソードを支持する絶縁碍子と、

前記絶縁碍子を支持し且つ電圧の印加に応じて伸縮する複数のピエゾ素子と、を備えるようにしたことを特徴とする。

【0 0 1 0】

請求項 3 の発明は、前記カソードの近傍に、該カソード及びそのヒータから放出された放射線を該カソードの先端近傍に反射させるための金属部品を設けるようにしたものである。

【0 0 1 1】

請求項 4 の発明は、前記金属部品に、前記絶縁碍子にウェーネルト又はカソードからの蒸発物が付着するのを防止する金具を兼用させるようにしたことを特徴

とする。

【 0 0 1 2 】

請求項 5 の発明は、前記カソードを熱電子放出カソードとし、それぞれの前記電子銃がラングミュア制限より大きい輝度の電子線を放出することができることを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

請求項 6 の発明は、請求項～ 5 のいずれか一つに記載の電子線装置を用いて半導体部品の検査を行うことを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

【作用】

温度上昇等によってカソードとアノードとの間の相対位置に変化が生じて、そうした相対位置を調整機構により調整することができ、また、カソードが加熱されてもカソード以外の真空部品の発熱を抑えることができる。

【 0 0 1 5 】

【発明の実施の形態】

図 1 の (A) は、本発明に係る電子線装置の一つの実施の形態における主要部を概略的に示す図であり、(B) は、一つの電子銃 EG 2 の拡大断面図である。図示のように、この電子線装置は、一枚のウェハやマスク等の試料 S を照射するために所定の数の電子銃 EG 1、EG 2、EG 3、・・・とそれに対応する数の光学系 OS 1、OS 2、OS 3、・・・とを備え、高スループットでウェハ等の試料 S の評価を行うことができる。それぞれの電子銃 EG 1、EG 2、EG 3、・・・の構造は同一であり、また、それぞれの光学系 OS 1、OS 2、OS 3、・・・も構造的に同一であるので、以下においては電子銃 EG 2 及び光学系 OS 2 を例にとって、それらの構成を説明する。なお、電子銃 EG 1、EG 2、EG 3、・・・は x y 平面内に配列され、光学系 OS 1、OS 2、OS 3、・・・の光軸は x y 平面に垂直な方向にあるものとする。

【 0 0 1 6 】

電子銃 EG 2 のカソード 1 は  $L_aB_6$  製の熱電子放出型カソードであり、カソード 1 はタングステン・ヘアピン 2 の先端に溶接され、タングステン・ヘアピン 2

はステム 3 によってセラミック・ベース 4 に固定される。セラミック・ベース 4 は、セラミック基板 P に形成された貫通穴の中央に 4 本のpiezo素子 5 によって x y 平面内にあるように支持され、個々のpiezo素子 5 の対向する端面には電極 6 が設けられる。

## 【 0 0 1 7 】

カソード 1 とセラミック・ベース 4 との間には、カソード 1 やタングステン・ヘアピン 2 の材料が蒸発してセラミック・ベース 4 の表面にスパッタされて絶縁性を低下させるのを防止するための遮蔽板 7 が設けられる。この遮蔽板 7 は、カソード 1 やタングステン・ヘアピン 2 から放出された放射線がカソード 1 の方向へ反射されるようカソード 1 の側に凹に形成される。同様に、電子銃 E G 2 に設けられたウェネルト 8 のカソード 1 に面する側面 9 も、カソード 1 やタングステン・ヘアピン 2 から放出された放射線線がカソード 1 の先端近傍に反射される形状に、例えばカソード 1 の側に凹に形成されている。

## 【 0 0 1 8 】

電子銃 E G 2 のアノードは第 1 のアノード 1 0 と第 2 のアノード 1 1 とからなる。これらのアノード 1 0、1 1 には、カソード 1 から放出された電子線がこれらアノード 1 0、1 1 の凸レンズ作用によって成形開口 1 3 にクロスオーバーを形成するように、電圧が印加される。

## 【 0 0 1 9 】

カソード 1 の先端は曲率半径が  $30\ \mu\text{m}$  の球の一部であり、電子銃電流を特定の値にすると、カソード 1 の輝度はラングミュア制限 ( $4.5\ \text{kV}$  で  $1.4 \times 10^5\ \text{A}/\text{cm}^2\text{s r}$ ) よりも一桁以上高い輝度を呈する可能性がある。このような高輝度を得るには、カソード 1 とウェネルト 8 とアノード 1 0、1 1 との軸が正確に一致していることが必要である。これを実現するため、この実施の形態においては、図 2 に示すように、カソード 1 が固定されているセラミック・ベース 4 の前後左右を 4 本のpiezo素子 5 によって支持するとともに、第 2 のアノード 1 1 と成形開口 1 3 との間に軸合わせ偏向器 1 2 を配置する。

## 【 0 0 2 0 】

第 1 のアノード 1 0 にはウォーブル (wobble) を与えることができる。そこで



、成形開口 1 3 を通過した電子線のうち N A 開口 1 6 に吸収された分を電流として検出し、軸合わせ偏向器 1 2 によって電子線を 2 次元走査することによって陰極線管（図示せず）上に成形開口 1 3 の像を表示した状態で、第 1 のアノードにウォーブルを与える。このとき、成形開口 1 3 の像が x、y 方向に移動しないように、それぞれの Piezo 素子 5 に電極 6 から電圧を加える。これは、対向する一つの組の Piezo 素子 5 のうち、一方の Piezo 素子 5 には伸びる方向に、他方の Piezo 素子 5 には縮む方向にそれぞれ電圧を加えることによってセラミック・ベース 4 の位置を微小に変化させ、ウォーブルが加えられた時の成形開口 1 3 の像の移動がゼロになるよう電圧を調整することによって実現可能である。さらに、第 1 のアノード 1 0 と第 2 のアノード 1 1 とに印加する電圧と電子銃電流とを適正に選択することにより、光学系 O S 2 の各要素の光軸が正確に一致しているとき、ラングミュア制限を遙かに越える輝度が得られる。これらの制御は、電極電圧等を計算機制御とし、M A 開口に吸収される電流をセンサとして自動制御することもできる。

#### 【 0 0 2 1 】

成形開口 1 3 で成形された電子線は、それぞれ 3 枚の電極を有する縮小レンズ 1 7 と対物レンズ 2 0 とで縮小され、試料 S 上に 5 0 n m 程度のプローブを作る。縮小レンズ 1 7 と対物レンズ 2 0 との間に配置された走査偏向器 1 8 及び E × B 分離器 1 9 を用いて電子線に試料 S 上を 2 次元走査させると、試料 S から二次電子が放出される。この二次電子は E × B 分離器 1 9 で一次電子線から分離され、軌道 2 1 を通って二次電子検出器 2 2 で検出される。この検出結果を用いて S E M 像を作ることができる。E × B 分離器 1 9 での偏向量が最小であっても、二次電子の検出を可能にするよう、二次電子検出器 2 2 はセラミック基板 P の短手方向に設けられる。

#### 【 0 0 2 2 】

なお、軸合わせ偏向器 1 4、1 5 を連動させることにより、N A 開口 1 6 と縮小レンズ 1 7 との軸合わせを行うことができる。縮小レンズ 1 7 と E × B 分離器 1 9 との間に配置された走査用偏向器 1 8 には軸合わせ機能を合わせ持たせてもよい。E × B 分離器 1 9 には、その動作のための直流電源に加えて非点補正用電

源も接続されることが好ましい。図 1 に示す実施の形態においては、 $E \times B$  分離器 19 の磁場を形成するために、配線が不要な永久磁石 23 を対向する位置に配置しており、2 つの永久磁石 26 の間をパーマロイ製の一对の半リング 24 によって結合して磁気回路を形成するようにしている。試料 S には負の電圧を印加して対物レンズ 20 の球面及び軸上色収差を低減することが望ましい。

## 【 0 0 2 3 】

図 1 に示す電子銃 EG 1、EG 2、EG 3、・・・及び光学系 OS 1、OS 2、OS 3、・・・の組み立ては、実際には、

- (1) セラミック基板 P のような所要の長さ且つ所要の厚さのセラミック基板をカソード用に 1 枚、ウェーネルト用に 1 枚、アノード用に 2 枚、軸合わせ偏向器用に 3 枚、開口用に 2 枚、レンズ用に 6 枚、走査偏向器用に 2 枚用意し、
  - (2) それらのセラミック基板の各々に円形の穴を電子銃の数だけ形成し、
  - (3) 各セラミック基板を、光軸が一致するように所要の加工を施してから所定の位置に配置し、
  - (4) 各セラミック基板の所要の部分に必要十分な金属コーティングを施し、
  - (5) 最後に、ノックピンを用いて高精度に組み立てる
- 手順を経て行われる。

## 【 0 0 2 4 】

なお、細長のセラミック基板が撓むのを防止するために、必要によっては、セラミック基板の長さ方向の側面をリブ構造 25 として厚さを増すようにしてもよい。

## 【 0 0 2 5 】

実際には、図 2 の A に示すように、各電子銃において、対向する一对のピエゾ素子は x 軸上に、残りの一对のピエゾ素子は y 軸上に配置され、セラミック基板 P の長軸は x 軸及び y 軸に対して 45 度傾斜するよう配置される。この結果、光学系 OS 1、OS 2、OS 3、・・・は、x 軸方向においては、隣り合う光学系の光軸間距離の  $1/\sqrt{2}$  だけ離れて互いに配置されることになる。したがって、セラミック基板 P を 45 度以内で調整することにより、隣り合う光学系の光軸間距離の x 方向の長さを試料 S の表面に配列されたチップと一致させることができ

る。例えば、15インチのウェハに20本の光学系を配列すると、15倍程度のスループットを得ることができる。

【0026】

以下、本発明に係る電子線装置を用いた半導体デバイス製造方法を説明する。図3は、こうした製造方法の一例を示すフロー図で、この例の製造工程は次の各主工程を含む。なお、各主工程は幾つかのサブ工程からなる。

【0027】

- (1) ウェハP12を製造する（又はウェハを準備する）工程P11、
- (2) 露光に使用するマスク（レチクル）P22を製造するマスク製造工程（又は、マスクを準備するマスク準備工程）P21、
- (3) 必要な加工処理をウェハP12に対して行うウェハ・プロセッシング工程P13、
- (4) ウェハP12に形成されたチップP15を1個ずつ切り出して動作可能にするチップ組み立て工程P14、
- (5) チップ組み立て工程P14で作られたチップP15を検査するチップ検査工程P16。

【0028】

これらの主工程の中で、半導体デバイスの性能に決定的な影響を及ぼす主工程が、ウェハ・プロセッシング工程P13である。この工程は、設計された回路パターンをウェハ上に順次積層し、メモリやMPUとして動作するチップを多数形成する。ウェハ・プロセッシング工程P13は次の工程を含む。

【0029】

- (イ) 絶縁層となる誘電体薄膜や、配線部又は電極部を形成する金属薄膜を形成する薄膜形成工程（CVDやスパッタリング等を用いる）
- (ロ) 薄膜層やウェハ基板を酸化する酸化工程、
- (ハ) 薄膜層やウェハ基板等を選択的に加工するためのマスク（レチクル）P22を用いてレジストのパターンを形成するリソグラフィー工程P23、
- (ニ) イオン・不純物注入・拡散工程、
- (ホ) レジスト剥離工程、

(ヘ) さらに加工されたウェハを検査する検査工程。

なお、ウェハ・プロセッシング工程 P 1 3 は必要な層数だけ繰り返し実施され、設計どおり動作する半導体デバイス P 1 7 が製造される。

【 0 0 3 0 】

図 3 のウェハ・プロセッシング工程 P 1 3 の中核をなすのはリソグラフィー工程 P 2 3 であり、図 4 はリソグラフィー工程 P 2 3 で実施される工程を示している。すなわち、リソグラフィー工程 P 2 3 は、

(a) 前段の工程で回路パターンが形成されたウェハ上にレジストをコーティングするレジスト塗布工程 P 3 1、

(b) レジストを露光する露光工程 P 3 2、

(c) 露光されたレジストを現像してレジストのパターンを得る現像工程 P 3 3、

(d) 現像されたレジスト・パターンを安定化させるためのアニール工程 P 3 4、を含む。

【 0 0 3 1 】

以上説明した半導体デバイス製造工程、ウェハ・プロセッシング工程 P 1 3、リソグラフィー工程 P 2 3 は周知のものであり、それらの工程についての説明は省略する。

【 0 0 3 2 】

本発明に係る電子線装置を上記 (5) のチップ検査工程 P 1 6 に対して用いて欠陥検査を行うと、微細なパターンを有する半導体デバイスでも、スループット良く検査を行うことができ、全数検査が可能となるばかりでなく、製品の歩留まりを向上させ、欠陥製品の出荷を防止することが可能になる。

【 0 0 3 3 】

以上、本発明に係る電子線装置の一つの実施の形態を説明したが、本発明はこの実施の形態に限定されるものではない。

【 0 0 3 4 】

【発明の効果】

本発明は、一つの実施の形態について説明したところから理解されたとおり、  
(1) カソードとアノードとの軸合わせを調整機構によって高精度に行うことができるので、多数の光学系を用いたとき、少数の電子銃の製作精度が悪くても、調整することができる、

(2) カソードの近傍に、該カソードから放出された放射線を該カソードの先端近傍に反射させるための金属部品を設けると、カソード及び該カソードを加熱するフィラメントから放出される放射線の大部分を、ウェーネルトと金属部品とで囲まれた空間内に閉じ込めることができるので、こうした放射線によって光学系の構成部品や絶縁碍子、真空壁が加熱され難いばかりでなく、小さい電力で必要なカソード温度にできる、

(3) 高真空を容易に得ることができるので、複数の光学系を密に配置しても、加熱電力を比較的小さくすることが可能である、

(4) カソードを空間電荷制限条件で使用するにより、ショット雑音を低減することができる、

(5) 小さいビーム電流でも 1 0 0 M H z 以上の高速走査を実現することができる、

(6) プロセス途中のウェハの評価を歩留まりよく行うことができる、  
という格別の効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

(A) は、本発明に係る電子線装置の一つの実施の形態を概略的に示す図であり、(B) は、電子線装置における一つの電子銃の拡大断面図である。

【図 2】

(A) は、図 1 の電子線装置における電子銃の構成と配列を説明するための平面図であり、(B) は、図 1 の電子線装置における E × B 分離器の構成を示す平面図である。

【図 3】

本発明に係る電子線装置を用いた半導体デバイス製造方法を説明するためのフローチャートである

【図 4】

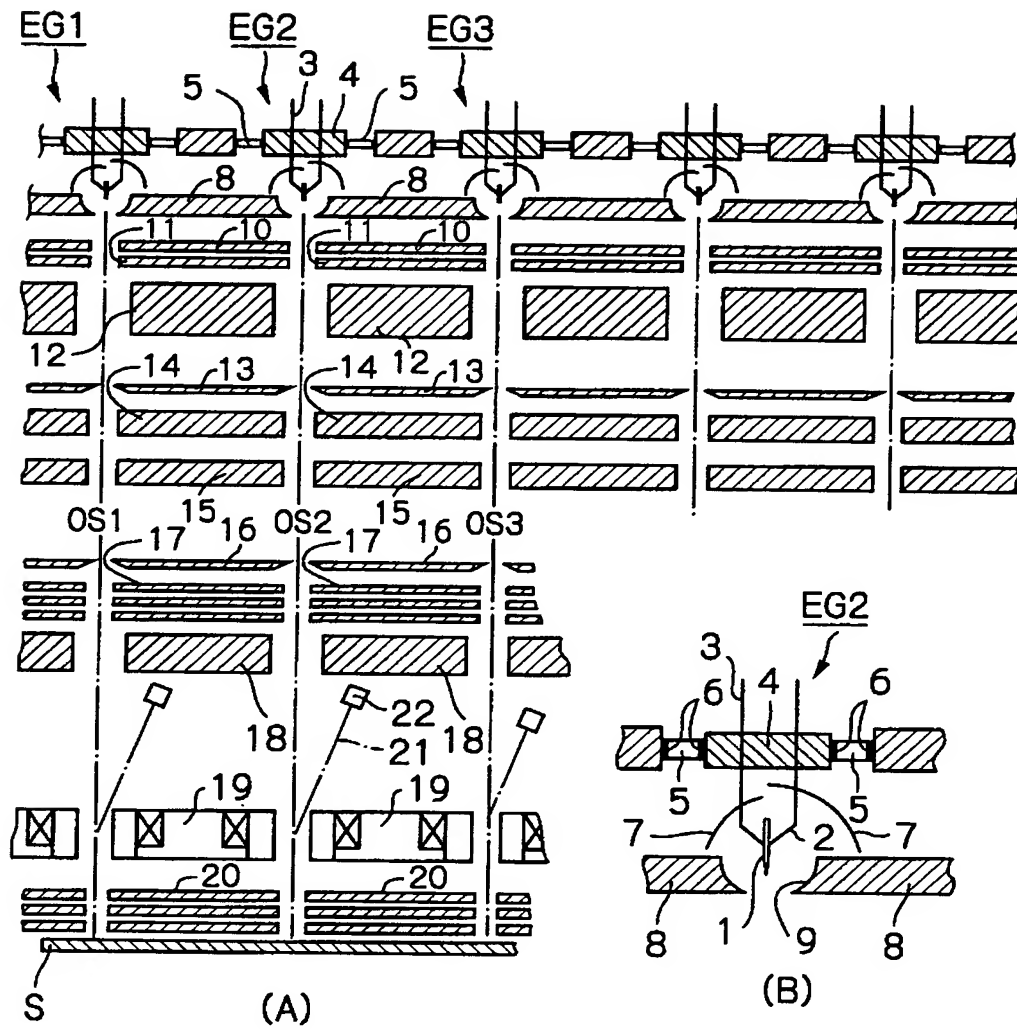
図 3 におけるリソグラフィー工程で実施される工程を説明するためのフローチャートである

【符号の説明】

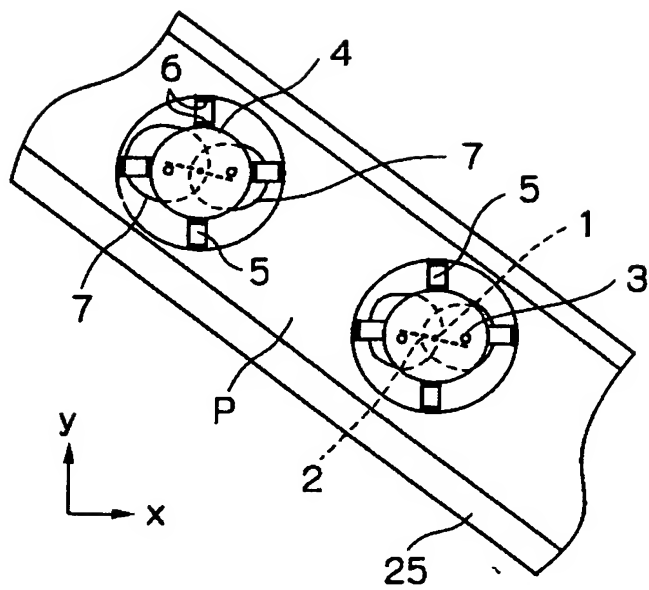
EG 1、EG 2、EG 3、・・・：電子銃、 P：セラミック基板、 1：カソード、 2：タングステン・ヘアピン、 3：ステム、 4：セラミック・ベース、 5：圧電素子、 6：圧電素子用電極、 7：曲面状の遮蔽板、 8：ウェーネルト、 9：ウェーネルトの側面、 10：第 1 のアノード、 11：第 2 のアノード、 OS 1、OS 2、OS 3、・・・：光学系、 12、14、15：軸合わせ偏向器、 13：成形開口、 16：NA 開口、 17：縮小レンズ、 18：走査偏向器、 19：E×B 分離器、 20：対物レンズ、 21：二次電子の軌道、 22：二次電子検出器、 S：試料、 23：永久磁石、 24：半リング、 25：リブ構造、

【書類名】 図面

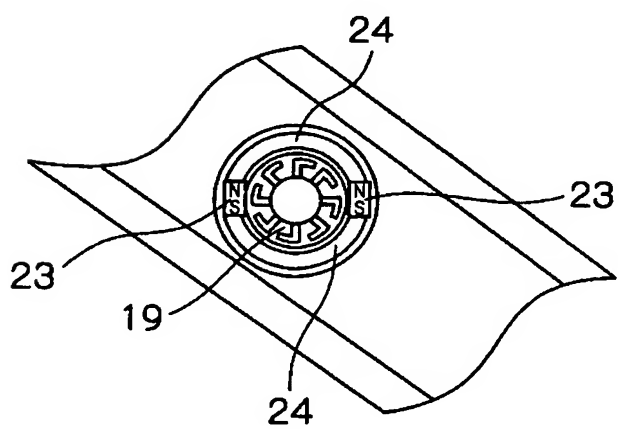
【図 1】



【図 2】



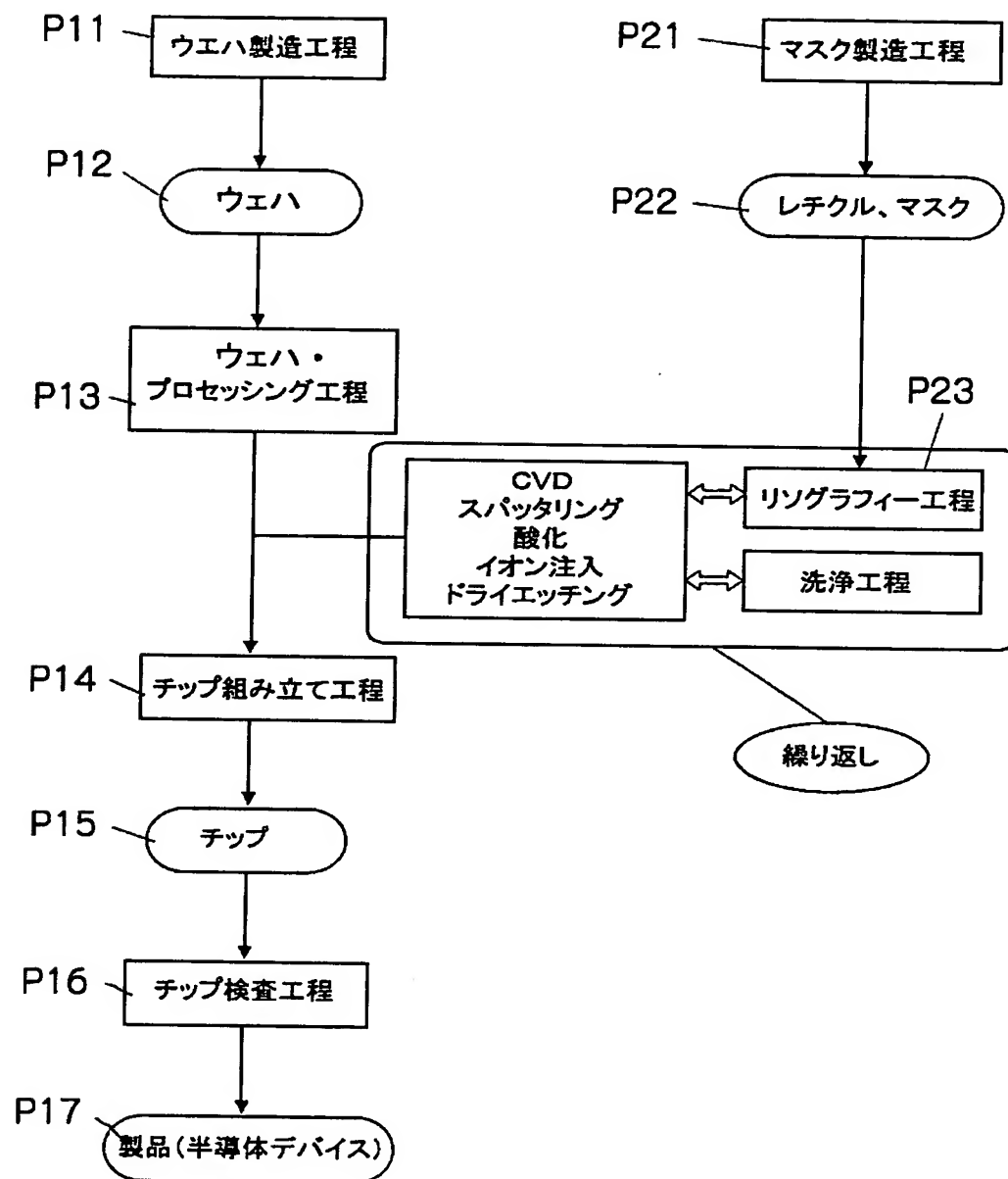
(A)



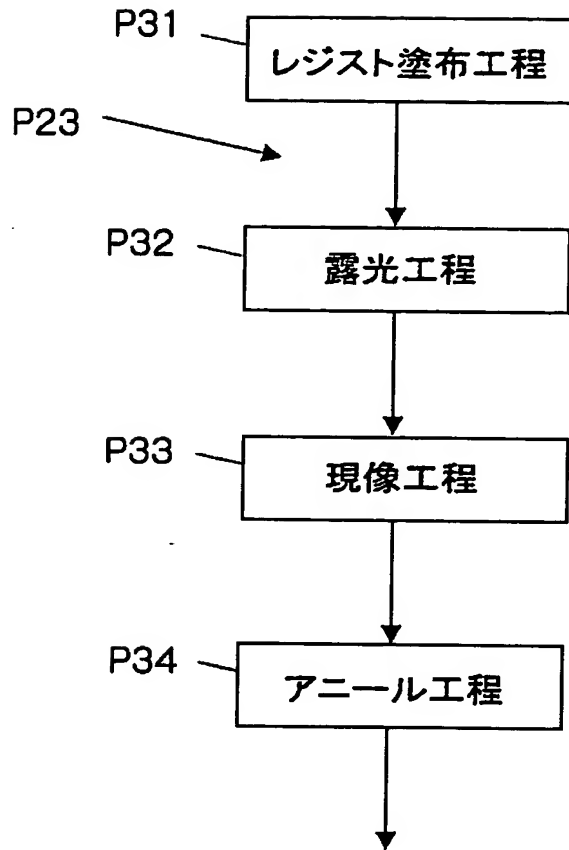
(B)



【図 3】



【図 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 温度上昇等によるカソードとアノードとの間の相対位置変化を調整することができ、カソード以外の真空部品の発熱を抑えることができる電子線装置及び該電子線装置を用いたデバイス製造方法を提供すること。

【解決手段】 カソード 1 及びアノード 1 0、1 1 を有する複数の電子銃 E G 1、E G 2、・・・と、各電子銃に設けられた電子光学系 O S 1、O S 2、・・・とを備えた電子線装置は、各電子銃においてカソード 1 とアノード 1 0、1 1 との間の相対位置を変化させるための調整機構を具備する。例えば、調整機構は、カソード 1 を支持する絶縁碍子 4 と、絶縁碍子 4 を支持し且つ電圧の印加に応じて伸縮する複数のピエゾ素子 5 とを備える。

【選択図】 図 1

出願人履歴情報

識別番号 [000000239]

1. 変更年月日 1990年 8月31日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都大田区羽田旭町11番1号  
氏 名 株式会社荏原製作所
2. 変更年月日 2003年 4月23日  
[変更理由] 名称変更  
住 所 東京都大田区羽田旭町11番1号  
氏 名 株式会社荏原製作所